

XIII. Abschnitt.

Luftmaschinen.

212. Luftmaschinen mit äußerer und innerer Verbrennung.

Mit dem Ausdrucke Luftmaschine kann man im engeren Sinne des Wortes eine Maschine bezeichnen, deren Arbeitssubstanz nur aus atmosphärischer Luft besteht oder aber man wendet diese Bezeichnung im weiteren Sinne auf alle Wärmemaschinen an, welche mit Gasen, zum Unterschiede von kondensierbaren Dämpfen, arbeiten. In diesem weiteren Sinne umfaßt obige Bezeichnung somit auch alle Maschinen, deren Arbeitssubstanz aus einer Gasmischung besteht, welche durch die Verbrennung irgend eines Brennstoffes fester, flüssiger oder gasartiger Form in der Maschine selbst gebildet wurde, also in erster Linie die eigentlichen Gas- und Ölmaschinen. Diese beiden Kraftmaschinen sollen in den nächsten Abschnitten eingehender behandelt werden, doch beziehen sich einige der hier anschließenden Bemerkungen über Luftmaschinen im allgemeinen auf die Gas- und Ölmaschinen ebensowohl, als auf die mit reiner atmosphärischer Luft arbeitenden Motoren.

Bildet reine atmosphärische Luft allein die Arbeitssubstanz, dann wird ihr die Wärme durch Vermittlung von Gefäßwänden durch Leitung von einer äußeren Feuerung in gleicher Weise zugeführt, wie die Arbeitsflüssigkeit der Dampfmaschine die Wärme durch die Wandungen des Kessels aufnimmt.

Maschinen, welche in dieser Weise Wärme empfangen, nennt man **Maschinen mit äußerer Verbrennung**, zum Unterschiede von jener hochwichtigen Klasse von Maschinen, bei welchen die Verbrennung bzw. Wärmeerzeugung in der Maschine selbst stattfindet, welche daher **Maschinen mit innerer Verbrennung** genannt werden. Bei diesen Maschinen bildet dann nicht reine atmosphärische Luft allein, sondern die Mischung derselben mit den Verbrennungsprodukten die Arbeitssubstanz.

Bei allen neueren Maschinen mit innerer Verbrennung ist somit der Prozeß der Wärmeerzeugung mit dem Prozesse der Umsetzung der er-

zeugten Wärme in Arbeit im Arbeitscyylinder vereint. Die Verbrennung geht entweder der Wärmeausnützung unmittelbar voraus oder fällt mit dem ersten Teile der Arbeitsperiode zusammen. Im ersteren Falle erfolgt die Verbrennung in der Totlage der Maschine bei konstantem oder nahezu konstantem Volumen unter plötzlicher Drucksteigerung, also explosionsartig; im letzteren Falle während eines Teiles des Kolbenhubes, also bei zunehmendem Volumen, hat somit mehr den Charakter einer eigentlichen Verbrennung. Man bezeichnet daher auch die Maschinen der ersten Art mit dem Ausdrucke Explosionsmaschinen, jene der zweiten Art mit dem Ausdrucke Verbrennungsmaschinen.

Die Verbrennung in der Totlage der Maschine bedingt, daß die zur Bildung des explosiblen Gemenges erforderliche Mischung des Brennstoffes mit Luft vorher erfolgt und das Gemenge im Momente der Entzündung bereits im Arbeitscyylinder aufgespeichert ist. Bei den Verbrennungsmaschinen hingegen ist die Beschickung des Arbeitscyinders mit explosibler Ladung vor Beginn des Arbeitshubes ausgeschlossen; die Verbrennung selbst verläuft somit ohne sprunghafte Steigerung von Temperatur und Druck allmählich und geregelt.

Die Luft- und Gasmaschinen haben im Vergleiche mit jenen Maschinen, welche mit gesättigten Dämpfen arbeiten, den wesentlichen Vorteil, daß Temperatur und Spannung der Arbeitssubstanz von einander unabhängig sind. In der Dampfmaschine, sowie überhaupt in allen Maschinen, deren Arbeitsflüssigkeit gesättigte Dämpfe bilden, ist die obere Temperaturgrenze verhältnismäßig sehr niedrig, nachdem hohe Temperaturen sehr hohe Pressungen erfordern. In Luft- und Gasmaschinen ist es jedoch möglich, eine obere Temperaturgrenze zu benutzen, welche viel höher liegt wie jene der gewöhnlichen Dampfmaschine, und wenn hierbei die untere Temperaturgrenze keine Erhöhung erfährt, dann ergibt sich eine entsprechende Steigerung des thermodynamischen Wirkungsgrades der Maschine.

Die obere Temperaturgrenze kann bei Dampf allerdings unabhängig von der Spannung durch Überhitzung desselben erhöht werden; wenn aber auch die Überhitzung so weit als derzeit aus anderen Gründen möglich, gesteigert wird, so nimmt doch eine Dampfmaschine den größeren Teil ihrer Wärme bei jener niedrigen Temperatur auf, bei welcher das Speisewasser in Dampf verwandelt wird. Der direkte thermodynamische Vorteil bleibt daher trotzdem klein.

So lange der Arbeitsflüssigkeit die Wärme durch äußere Verbrennung zugeführt wird, muß ein beträchtlicher, den Wirkungsgrad schädigender Temperaturabfall zwischen der durch die Verbrennung im Verbrennungsraum erzeugten und jener Temperatur platzgreifen, bei welcher die Ar-

beitssubstanz die Wärme aufnimmt, da anderenfalls keine genügend rasche Wärmeübertragung durch die Wände des Heizapparates stattfinden könnte.

Maschinen mit innerer Verbrennung haben daher vor allem den Vorteil für sich, daß die Verbrennungstemperatur selbst die obere Grenze in dem thermodynamischen Kreisprozeß bildet.

Eine einfache, thermodynamisch vollkommene Form einer Luftmaschine mit äußerer Verbrennung wäre eine Maschine, welche dem Carnotschen Kreisprozeß folgte, sodaß Wärme nur bei der höchsten Temperatur T_1 der Luft, während dieselbe isothermisch expandiert, aufgenommen würde. Mit Ende der Expansion würde die Wärmeaufnahme geschlossen; die Luft expandiert adiabatisch weiter, bis ihre Temperatur die untere Grenze T_2 erreicht hat.

Während der nächsten Periode würde die Luft zunächst unter Wärmeabgabe isothermisch und darauf adiabatisch komprimiert, wodurch die Anfangstemperatur T_1 wieder erreicht und der Kreisprozeß geschlossen wäre.

Das Indikatordiagramm dieses Arbeitsprozesses wurde bereits früher, § 18, Fig. 12, dargestellt.

Eine Maschine, welche den Carnotschen Kreisprozeß genau befolgt, würde unter dem großen Nachteile leiden, daß das vom Kolben zu durchlaufende Volumen in Beziehung zu der geleisteten Arbeit übermäßig groß wäre. Für Gase als Arbeitssubstanz ist die Neigung der Adiabate zur Isotherme sehr gering; die Fläche des Diagrammes, bezw. die pro Umdrehung geleistete Arbeit, ist daher im Vergleiche zu den beiden Arbeiten, deren Differenz sie bildet, d. i. die Arbeit während des Anhubes und jener des Kolbenrücklaufes, sehr klein; eine solche Luftmaschine würde daher sehr voluminös und dabei mechanisch wenig leistungsfähig.

213. Luftmaschinen mit äußerer Verbrennung und Regenerator. Stirlings Heißluftmaschine. Die vorstehend berührten Verhältnisse bessern sich jedoch wesentlich, wenn ein Regenerator (§ 27) anstelle der adiabatischen Zustandsänderungen tritt. In Stirlings Heißluftmaschine, welche zum erstenmale einen Regenerator benützte, wurde die Arbeitsflüssigkeit von der oberen Grenztemperatur T_1 auf den unteren Grenzwert T_2 dadurch abgekühlt, daß sie, den Regenerator nach einer Richtung passierend, die der Temperaturdifferenz $T_1 - T_2$ entsprechende Wärme an denselben abgab, um die auf diese Weise in dem Regenerator aufgespeicherte Wärme bei der Umkehr der Bewegung anstelle der adiabatischen Kompression von demselben wieder aufzunehmen. Dieser Kreisprozeß wurde bereits in § 28 beschrieben und das ideale Indikatordiagramm desselben in Fig. 13 dargestellt.

Stirling hat seinerzeit verschiedene Ausführungen von Luftmaschinen